Revue suisse Zool.	Tome 98	Fasc. 2	p. 355-363	Genève, juin 1991

Regenwurmfauna in Buchen- und Fichtenflächen im Wald des Kanton Zürich

von

O. DANIEL *

ABSTRACT

Earthworm fauna in the forests of the canton Zürich (Switzerland) – Thirteen earthworm species were found in 7 plots in the forests of the canton Zürich. Six plots contained areas of beech and spruce, the seventh only spruce. The number of species varied from 3 to 7 in beech areas and from 1 to 8 in spruce areas. Generally, fewer species were found in the spruce areas. High earthworm biomasses were caused by a high abundance of the species *Lumbricus terrestris* L. and *Nicodrilus nocturnus* (Evans). Theoretically, in the Zürichberg (beech and spruce) and Winterthur (beech) plots earthworms (biomasses per $m^2 > 75g$) may utilise all the annual litter, and in the Gubrist (spruce) plot (biomass per $m^2 = 30$ g) the majority of the annual litter fall. As a consequence of the small number of plots, it was not possible to make inferences with regard to the dependency of biomass and species diversity on environmental factors, such as soil pH, mean annual temperature, humusform, amount of annual litter fall and soil textural class. It is confirmed that at present earthworms are only of limited value as bioindicators in forests, since the factors determining their distribution are not fully understood.

EINLEITUNG

Die Geschwindigkeit und die Art der Dekomposition der anfallenden Streu haben eine grosse Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. Einerseits werden durch die Dekomposition Nährstoffe für die Pflanzen verfügbar gemacht, andererseits wird durch die an der Dekomposition beteiligten Lebewesen die Struktur der Böden beeinflusst. SWIFT *et al.* (1979) lieferten eine Zusammenfassung über die Bedeutung der Dekomposition in verschidenen Ökosystemen. Aufgrund von Respirationsschätzungen ist heute bekannt, dass in der Regel mehr als 90% der Dekomposition durch mikrobielle Tätigkeit

*Institut für Pflanzenwissenschaften, Phytomedizin, ETH, CH-8092 Zürich.

erfolgt. Die Bedeutung der Bodenfauna wird in ihrer Fähigkeit gesehen, die mikrobiellen Prozesse räumlich und zeitlich zu regulieren. Die Biomasse der Bodenfauna ist von der Vegetationszone abhängig und steigt in der Reihenfolge: tropische Wälder, tropische Grasflächen, Nadelwälder der gemässigten Breiten, Tundra, Laubwälder auf Rohhumusböden des gemässigten Klimas, Grasflächen im gemässigten Klima, Laubwälder auf Mullböden im gemässigten Klima (PETERSEN & LUXTON, 1982). In den Grasflächen und den Laubwäldern auf Mullböden des gemässigten Klimas beträgt der Anteil der Regenwürmer an der Biomasse der Bodenfauna oft mehr als die Hälfte. Schon DARWIN (1881) erkannte die Bedeutung der Regenwürmer für die Bodenbildungsprozesse und MULLER (1878), welcher die Humusformen Mull und Moder definierte, führte die Bildung von Mullböden fast ausschliesslich auf die Tätigkeit der Regenwürmer zurück. Obwohl neben den Regenwürmern andere Faktoren wie Niederschlagsmenge, Temperatur, Vegetationszusammensetzung, Bodenart, Muttergestein, etc. eine wichtige Rolle spielen und die Regenwürmer vor allem das "Rührwerk" im mikrobiologischen Abbausystem darstellen, ist ihre grosse Bedeutung bei der Mullbildung auch heute unbestritten.

Aufgrund ihrer Lebensweise kann man die Regenwürmer, in Anlehnung an BOUCHÉ (1977), in die drei Kategorien endogäisch, epigäisch und vertikalgrabend unterteilen. Die endogäischen Regenwürmer leben in den Mineralerdehorizonten und ernähren sich, indem sie beim Durchwühlen der Erde (Geophagie) das darin enthaltene organische Material verdauen. Die Nahrung der epigäischen und vertikalgrabenden Regenwürmer besteht v.A. aus der oberflächlich anfallenden Streu, welche zur Verdauung mit Erde vermischt wird. Während die epigäischen Regenwürmer an der Oberfläche in der Streuschicht leben, schützen sich die vertikalgrabenden durch den Bau einer manchmal mehr als 1 m tiefen Wohnröhre vor schädigenden Umweltbedingungen (Trockenheit, hohe Temperaturen, Räuber). Ein tieferer Einblick in die Ökologie der Regenwürmer kann in EDWARDS & LOFTY (1977) und LEE (1985) gewonnen werden.

Wegen der häufig grossen bodenbiologischen Bedeutung der Regenwurmfauna wurde ihr Bestand auf 7 Fichten- und 6 Buchenflächen der Projektes "Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kanton Zürich" geschätzt und bezüglich seiner Bedeutung interpretiert.

METHODEN

Standorte

Die Bestandeserfassung der Regenwurmpopulationen erfolgte auf einer Fichtenfläche des Standorts Gubrist sowie auf den Buchen- und Fichtenflächen des Projektes "Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen des Kanton Zürich" (Standorte: BachtelOst, Männedorf, Rafz, Stammheim, Winterthur und Zürichberg). Eine Übersicht über die Standortmerkmale ist in Tab. 1 und 2 zu finden. Der Standort BachtelOst ist höher gelegen als die anderen und weist einen höheren mittleren jährlichen Niederschlag auf. Die Standorte Rafz und Oberstammheim haben geringe mittlere jährliche Niederschläge. Bezüglich der Bodenart bestehen zwischen den Buchenflächen geringere Unterschiede als zwischen den Fichtenflächen. Unter den Buchen wurde bei allen Standorten mit Ausnahme von BachtelOst typischer Mullhumus beobachtet. Bei den Fichtenflächen war die Humusform ein moderiger Mull mit z. T. leichter Tendenz zum typischen Mull oder zum mullartigen Moder. Bezüglich des Streueintrags unter den Buchen unterschieden sich die Flächen wenig. Unter den Fichten ist die Varianz der Werte grösser und insbesondere Zürichberg fällt durch einen geringen Streueintrag auf.

TAB. 1 *

Abiotische Standortfaktoren (s: sandig, u: schluffig, t: tonig, L: Lehm, U: Schluff)

	Höhe über Meer [m]	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	Jahres-mittel-temperatur [° C]	Boden-art		Boden-typ	
				Buche	Fichte	Buche	Fichte
BachtelOst	1040	1600	5.8	sL	sL	Parabraunerde	Parabraunerde
Männedorf	570	1350	7.5	suL	sL	Braunerde	Braunerde-Parabraunerde
Rafz	535	780	7.5	sL	tU	Parabraunerde	sek. Pseudogley
Stammheim	589	880	7.1	sL	sL	Parabraunerde-Kalkbraunerde	Braunerde
Winterthur	530			stL	sT	Braunerde-Parabraunerde	Braunerde-Parabraunerde
Zurichberg	663	1028	7.9	stL	stL	Parabraunerde-Pseudogley	prim. Pseudogley
Gubrist	611	1200	7.3		suL		Parabraunerde

* Die derTabelle zugrunde liegenden Daten stammen von der Teilprojektgruppe Bodenkunde des Projektes "Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kanton Zürich".

TAB. 2 *

Biotische Standortfaktoren (mod.: moderartiger, mull.: mullartiger, typ.: typischer, T.G.: Trockengewicht). Die in eckiger Klammer eingeschlossenen Humusformen kommen nur diskontinuirlich vor.

Standort	Humusform		jährlicher mittlerer Streueintrag [g(T.G.)/m²]	
	Buche	Fichte	Buche	Fichte
BachtelOst	typ. Mull [mod. Mull]	mod. Mull [mull. Moder]	272.4	157.9
Männedorf	typ. Mull	mod. Mull	256.0	180.2
Rafz	typ. Mull	mod. Mull - mull. Moder	269.2	245.8
Stammheim	typ. Mull	typ. - mod. Mull	280.3	198.3
Winterthur	typ. Mull	mod. Mull	210.3	235.4
Zürichberg	typ. Mull	typ. - mod. Mull	266.7	66.9
Gutrist		mod. Mull		278.0

* Die der Tabelle zugrunde liegenden Daten stammen vom WSL-Projekt "Humusbildung und Humusumsetzung in Walbeständen" (Dr. P. Lüscher). Die Schätzung des jährlichen mittleren Streueintrags basiert auf den Messungen von drei Jahren.

Probenahmen

Die Populationserhebungen wurden Ende April 1988 durchgeführt. Im Rahmen eines Projektes der eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)[1] waren in jeder Fläche 2 Streufänger aufgestellt worden, welche einen Mindestabstand von 2.5 m zum nächsten Baumstamm aufwiesen und in der Kronenprojektion von Buchen respektive Fichten standen. In allen Flächen erfolgte die Entnahme von je 5 Stichproben der Regenwurmfauna in ein- bis zweimetrigem Abstand von den beiden Streufängern.

Die Begrenzung der Probenahmeflächen erfolgte durch Rahmen aus Eisenblech (0.25 m x 0.25 m), welche 2-3 cm in den Boden versenkt wurden. Da die Effizienz der von THIELEMANN (1986) beschriebenen elektrischen Methode ungenügend bekannt war, wurden die Regenwürmer mit verdünntem Formol (RAW 1959) aus der Erde getrieben. Eine 0.2% Formaldehydlösung wurde während 0.5 h auf die Erde innerhalb der Rahmen gegossen, sodass die Erde immer leicht überflutet war. Dazu wurden in der Regel 20 - 30 l Lösung pro 0.25 m^2 benötigt.

Die Konservierung der Regenwürmer erfolgte in 4% Formaldehydlösung. Für die Wägungen, welche ca. 1/2 Jahr nach dem Fang stattfanden, wurden die Tiere kurz mit Wasser gewaschen und mit Haushaltpapier getrocknet. Die konservierten Regenwürmer werden am Muséum d'histoire naturelle, CH-1211 Genève aufbewahrt.

RESULTATE UND DISKUSSION

Bestand der Regenwürmer

Alle von BIERI *et al.* (1983) in 23 verschiedenen Waldstandorten der Schweiz gefundenen Arten, mit Ausnahme von *Dendrobaena pygmaea* (Sav.), *D. subrubicundus* (Eisen) und *Allolobophora riparia* (Bretscher), wurden in den Wäldern des Kanton Zürich auch gefunden. Die artenspezifischen Abundanzen der Regenwürmer sind in Tab. 3 dargestellt. Von den 13 gefundenen Arten erreichten *A. rosea* (Sav.). *Lumbricus rubellus* Hoffmeister. *L. terrestris* L. und *Nicodrilus nocturnus* (Evans) im Vergleich zu den anderen Arten zum Teil hohe Abundanzen. Die im Westen des Bachtel vom Autor gefundene Art *L. polyphemus* (Fitzinger) (unpubl.) wurde auf der Ostseite des Bachtel (BachtelOst) nicht gefunden. Im Artenspektrum bestand zwischen Buchen- und Fichtenflächen kein prinzipieller Unterschied Die Artenanzahl war auf den Fichtenflächen in der Regel tiefer als auf den Buchenflächen (Tab. 5 und 6). Von den in sauren Böden mit Rohhumusauflage typischerweise häufig vorkommenden *Dendrobaena* sp. und *L. rubellus* war nur letztere Art auf der Buchenfläche in Rafz dominant.

Das Lebendgewicht der Regenwürmer liegt je nach Art 10-25% über der in Tab. 5 und 6 angegebenen in 4% Formaldehyd konservierten Biomasse (CUENDET, 1985). Sowohl zwischen den Buchenflächen (Tab. 5) als auch zwischen den Fichtenflächen (Tab. 6) bestanden bezüglich der mittleren Biomasse beträchtliche Unterschiede. Dafür waren vor allem die grossen Regenwürmer *L. terrestris* und *N. nocturnus* verantwortlich. Beide Arten können sich von der oberflächlich anfallenden Streu ernähren. Die Streu der Fichte ist für sie eine generell schlecht verwertbare Nahrung, jene der Buche und Eiche wird erst im Frühjahr bis Sommer des Jahres nach dem Blattfall verwertbar (ZICSI, 1983). Daher ist die Biomasse der Regenwürmer auf reinen Fichten- resp. Buchenflächen in der Regel

[1] WSL-Projekt "Humusbildung und Humusumsetzung in Waldbeständen": Dr. P. Lüscher.

klein. Auf den Buchenflächen Winterthur und Zürichberg, sowie den Fichtenflächen Zürichberg und Gubrist erreichten sie jedoch hohe Biomassen (Tab. 4). Es wird vermutet, dass ihnen neben Fichtennadeln und Buchenblättern andere, besser verwertbare Nahrung zur Verfügung stand. Diese könnte aus Blättern von Laubbäumen im Nebenbestand, Sträuchern, Kräutern und eingewehtem Laub bestanden haben.

Bedeutung der Regenwürmer

ZICSI (1983) zeigte mit mehreren Regenwurm- und Baumarten, dass z.B. die Verwertbarkeit von Blättern durch Regenwürmer durch die Qualität der Blätter (Alter nach dem Blattfall) entscheidend beeinflusst wird. Während die Regenwurmart *L. terrestris* frische Buchenblätter nicht frass, wurden diese Blätter im Jahr nach dem Blattfall in grossen Mengen verwertet. Extrapolationen der maximalen Fressraten von ZICSI (1983) ergeben Werte von ca. 9 g Buchenblätter (Trockengewicht) pro g *L. terrestris* (Lebendgewicht) pro Jahr bei einer Bodentemperatur von 10°C. Mehrere Faktoren, wie z.B. die Temperatur (beeinflusst die Fressraten dieser poikilothermen Tiere), die Qualität der Blätter und Unterbrüche der Frassaktivität durch Dormanzphasen, beeinflussen die tatsächlich verwertete Futtermenge im Freiland. Zur Abschätzung des potentiellen jährlichen Beitrags der Regenwürmer zur Streuverwertung wurde die Biomasse der vertikalgrabenden und epigäisch lebenden Regenwürmer (Tab. 5, 6) mit 9 g multipliziert. Der geschätzte Beitrag auf den verschiedenen Standorten liegt im Bereich zwischen 0 und ca. 800 g pro m^2 pro Jahr. Während in den zwei Standorten Zürichberg (Buche und Fichte) und Winterthur (Buche) theoretisch die gesammte Streu, im Standort Gubrist (Fichte) ein sehr grosser Teil der Streu durch die Regenwürmer in den Boden eingearbeitet werden kann, sind die Regenwürmer in den restlichen Standorten wahrscheinlich von geringerer direkter Bedeutung. Es wird angenommen, dass dort die Mesofauna in grösserem Ausmass an der Streuverwartung beteiligt ist.

Die Einarbeitung von Schwarzkiefernadeln in den Boden durch die Regenwürmer stieg um bis zu 50% bei der Anwesenheit von Laubstreu (ZICSI, 1987). Auf den Fichtenflächen BachtelOst und Rafz, welche eine Tendenz zum Moder zeigten (Tab. 2), könnte wahrscheinlich durch einen höheren Laubholzanteil (Buche, Eiche und weichblättrige Arten wie Linde, Ahorn, Esche, etc.) die Einarbeitung der Nadelstreu und die Biomasse der Regenwurmpopulation gefördert werden. Die Humusform würde sich dann wahrscheinlich langfristig in Richtung Mull entwickeln.

Die unterirdischen Wohnröhren der Regenwürmer bilden ein saisonal in seinem Volumen variierndes System von Makroporen (KRETZSCHMAR, 1989). Insbesondere die zeitweise gegen die Oberfläche geöffneten Wohnröhren der vertikalgrabenden Arten können für den Gas- und Wasserhausshalt der Böden von Bedeutung sein. Bei einem Wasserzufluss, welcher grösser ist als die Leitfähigkeit der Bodenmatrix (häufig bei starken Gewittern) können Makroporen eine Drainage ermöglichen (BEVEN & GERMANN, 1982). Damit wird ein oberflächliches Abfliessen des Wassers und die damit verbundene Erosion verhindert. Makroporen können z.B. durch temperaturbedingte Konvektionsströmungen (Tag/Nacht) belüftet werden. Dadurch wird die effektive Kontaktfläche zwischen Boden und Atmosphäre vergrössert und der Gashaushalt der Böden beeinflusst. Eine signifikante Beeinflussung des Wasser- beziehungsweise Gashaushaltes ist aber nur auf den beiden Zürichbergflächen wahrscheinlich, wo 50 oder mehr vertikalgrabende Regenwürmer pro m^2 vorkommen (Tab. 3).

TAB. 3

Mittlere Abundanzen der Regenwürmer pro m² (n = 10)

Art	Bachtel Ost		Männe-dorf		Rafz		Stamm-heim		Winter-thur		Zürich-Berg		Gubrist
	Bu	Fi	Bu	Fi	Bu	Fi	Bu	Fi	Bu	Fi	Bu	Fi	Fi
Allolobophora chlorotica chlorotica (Sav. 1826)									**0.8** ±2.53				
Allolobophora icterica (Sav. 1826)											**0.4** ±1.26		**0.8** ±1.69
Allolobophora rosea (Sav. 1826)			**3.2** ±3.68		**2.4** ±6.31			**0.4** ±1.26	**6.8** ±10.67		**17.2** ±18.48	**13.2** ±13.21	**3.2** ±4.13
Allolobophora sp. (nicht identifizierbare Juvenile)							**2.0** ±2.83	**0.4** ±1.26	**3.6** ±3.98		**5.2** ±5.01	**0.8** ±1.69	**4.8** ±4.92
Dendrobaena octaedra (Sav. 1826)	**0.4** ±1.26												
Dendrodrilus rubidus (Sav. 1826)				**0.4** ±1.26	**0.4** ±1.26								
Lumbricus castaneus (Sav. 1826)	**5.6** ±4.70	**0.4** ±1.26					**2.8** ±5.98						**0.8** ±2.53
Lumbricus rubellus Hoffmeister. 1843					**23.6** ±24.25	**1.4** ±2.35	**0.8** ±1.69					**0.4** ±1.26	**4.0** ±8.64
Lumbricus terrestris Linné, 1758			**1.2** ±3.79				**0.8** ±2.53		**14.8** ±9.25	**0.4** ±1.26	**4.8** ±4.54	**2.0** ±2.83	**1.2** ±2.70
Lumbricus sp. (nicht identifizierbare Juvenile)			**1.6** ±2.80	**0.8** ±1.69			**1.2** ±1.93						**2.0** ±4.32
Nicrodilus caliginosus (Sav. 1826)			**0.4** ±1.26				**2.8** ±5.35	**0.4** ±1.26	**1.6** ±2.80		**5.6** ±6.31		**9.6** ±10.19
Nicodrilus nocturnus (Evans, 1946)			**2.0** ±5.08	**0.4** ±1.26	**13.2** ±13.07		**1.6** ±2.07	**6.8** ±7.31	**22.8** ±14.73		**51.2** ±19.49	**48.0** ±12.07	**25.6** ±29.28
Nicodrilus sp. (nicht identifizierbare)	**2.8** ±2.70		**0.8** ±1.69								**4.8** ±6.75	**8.0** ±11.15	
Octolasion Cyaneum (Sav. 1826)									**4.0** ±5.96		**6.4** ±5.40	**2.8** ±3.79	**3.2** ±4.92
Octolasion tyrtaeum lacteum (Oerly, 1881)		±2.70	**1.2**										
Octolasion tyrtaeum tyrtaeum (Sav. 1826)							**4.8** ±7.73					**0.4** ±1.26	
Octolasion sp. (nicht identifizierbare Juvenile)												**6.4** ±5.72	

TAB. 4

Mittlere Biomasse (in 4% Formaldehyd) der Regenwürmer pro m² (n = 10)

Art	Bachtel-Ost		Männe-dorf		Rafz		Stamm-heim		Winter-thur		Zürich-Berg		Gubrist
	Bu	Fi	Bu	Fi	Bu	Fi	Bu	Fi	Bu	Fi	Bu	Fi	Fi
Allolobophora chlorotica chlorotica (Sav., 1826)									**0.3** ±0.95				
Allolobophora icterica (Sav., 1826)											**0.3** ±1.01		**0.7** ±1.51
Allolobophora rosea (Sav., 1826)			**0.4** ±0.64		**0.4** ±0.93			**0.1** ±0.33	**2.6** ±4.94		**2.7** ±3.05	**1.7** ±2.16	**0.5** ±0.73
Allolobophora sp. (nicht identifizierbare Juvenile)							**0.3** ±2.83	**0.0** ±0.10	**0.4** ±0.39		**0.7** ±0.66	**0.1** ±0.29	**0.6** ±0.65
Dendrobaena octaedra (Sav., 1826)	**0.1** ±0.22												
Dendrodrilus rubidus (Sav., 1826)				**0.0** ±0.09	**0.0** ±0.13								
Lumbricus castaneus (Sav., 1826)	**3.1** ±2.96	**0.0** ±0.04					**0.8** ±1.74						**0.1** ±0.34
Lumbricus rubellus Hoffmeister, 1843					**8.0** ±6.81	**1.6** ±2.85	**1.0** ±2.25					**0.3** ±1.09	**1.1** ±1.82
Lumbricus terrestris Linné, 1758			**4.8** ±15.10				**3.2** ±10.00		**59.7** ±34.57	**2.2** ±7.06	**11.4** ±12.53	**9.0** ±14.56	**5.8** ±13.25
Lumbricus sp. (nicht identifizierbare Juvenile)			**0.1** ±0.12	**0.8** ±0.08			**0.7** ±1.20						**0.3** ±0.83
Nicodrilus caliginosus (Sav., 1826)			**0.2** ±0.64				**0.3** ±0.61	**0.1** ±0.44	**0.5** ±1.08		**1.7** ±1.86		**1.5** ±1.42
Nicodrilus nocturnus (Evans, 1946)			**1.0** ±2.19	**0.4** ±1.43	**5.4** ±3.8		**0.5** ±0.84	**5.5** ±5.88	**27.4** ±21.86		**72.1** ±25.00	**55.6** ±16.70	**15.9** ±18.78
Nicodrilus sp. (nicht identifizierbare Juvenile)	**0.3** ±0.32		**0.8** ±0.10								**0.6** ±0.83	**0.6** ±0.70	
Octolasion cyaneum (Sav., 1826)									**7.0** ±11.59		**10.7** ±11.97	**5.2** ±6.83	**3.0** ±6.11
Octolasion tyrtaeum lacteum (Oerly, 1881)			**0.2** ±0.47										
Octolasion tyrtaeum tyrtaeum (Sav., 1826)							**1.4** ±2.44					**0.4** ±1.29	
Octolasion sp. (nicht identifizierbare Juvenile)												**2.4** ±2.05	

TAB. 5

Biomasse (in 4% Formaldehyd) in g und Dichte pro m^2 der Regenwürmer auf den Buchenflächen

	Biomasse [g/m^2]				Dichte [N/m^2]	Arten [N]
	Total	vertikal-grabende	epi-gäische	endo-gäische		
BachtelOst	3.5	0.0	3.2	0.3	8.8	3
Männedorf	6.7	5.8	0.1	0.9	10.4	5
Rafz	13.9	5.4	8.1	0.4	39.6	4
Stammheim	8.2	3.6	2.5	2.0	16.8	7
Winterthur	97.9	87.1	0.0	10.8	54.1	6
Zürichberg	100.2	83.6	0.0	16.7	95.6	6

TAB. 6

Biomasse (in 4% Formaldehyd) in g und Dichte pro m^2 der Regenwürmer auf den Fichtenflächen

	Biomasse [g/m^2]				Dichte [N/m^2]	Arten [N]
	Total	vertikal-grabende	epi-gäische	endo-gäische		
BachtelOst	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1
Männedorf	0.5	0.4	0.1	0.0	1.6	3
Rafz	1.6	0.0	1.6	0.0	2.8	1
Stammheim	5.7	5.5	0.0	0.3	8.0	3
Winterthur	2.2	2.2	0.0	0.0	0.4	1
Zürichberg	75.5	64.6	0.3	10.5	82.0	6
Gubrist	29.6	21.7	1.5	6.4	55.2	8

Zwischen Artenzusammensetzung und Biomasse der Regenwurmpopulationen und verschiedenen Umweltfaktoren (pH, Temperatur, Humusform, Streueintrag, Bodenart, etc.) liessen sich auf den untersuchten Flächen keine ursächlichen Zusammenhänge erkennen. Eine Verwendung der Regenwürmer als zönotische Bioindikatoren (Arndt et al., 1987) in Wäldern ist nur beschränkt möglich, da nicht klar ist was sie indizieren.

ZUSAMMENFASSUNG

In 7 Standorten im Wald des Kanton Zürich wurden 13 Lumbricidenarten gefunden. Sechs Standorte enthielten eine Buchen- und Fichtenfläche, der siebente nur eine Fichtenfläche. Die Artenanzahl schwankte auf Buchenflächen zwischen 3 und 7, auf Fichtenflächen zwischen 1 und 8. In den Fichtenflächen wurden in der Regel weniger Arten gefunden. Hohe Biomassen wurden durch die vertikalgrabenden Arten *Lumbricus terrestris* L. und *Nicodrilus nocturnus* (Evans) verursacht. In den Standorten Zürichberg (Buche und Fichte) und Winterthur (Buche) (Biomassen pro m^2 > 75 g) kann theoretisch die gesammte Streu, im Standort Gubrist (Fichte) (Biomasse pro m^2 = 30 g) ein sehr grosser Teil der jährlich anfallenden Streu durch die Regenwürmer in den Boden eingearbeitet werden. Zwischen Artenzusammensetzung und Biomasse der Regenwurmpopulationen und Umweltfaktoren wie z.B. Boden-pH, Jahresmitteltemperatur, Humus-

form, Streueintrag und Bodenart liessen sich auf den untersuchten Flächen, bedingt durch die kleine Standortanzahl, keine ursächlichen Zusammenhänge erkennen. Die Regenwürmer sind als Bioindikatoren in Wäldern nur beschränkt geeignet, da die Faktoren welche ihre Verbreitung bestimmen noch zu wenig verstanden werden.

Verdankungen

Die Durchführung dieser Studie wurde durch die finanzielle Unterstützung des Oberforstamtes des Kanton Zürich sowie durch die personnelle Unterstützung der eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) ermöglicht. Zu Dank verpflichtet bin ich den Herren Dr. F. Schnider (Teilprojekt: Bodenuntersuchungen des Projektes "Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen des Kanton Zürich" und Dr. P. Lüscher (WSL-Projekt Humusbildung und Humusumsetzung in Waldbeständen) für die bodenkundlichen Unterlagen. Den Herren M. Walser und St. Zürcher (WSL) danke ich für die Durchführung der Probenahmen der Regenwürmer.

LITERATUR

Arndt, U. Nobel, W. & B. Schweizer. 1987. Bioindikatoren, Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. *Ulmer*, 396 pp.

Beven, K. & P. Germann. 1982. Macropores and water flow in soils. *Water Resour. Res.* 18 (5): 1311-1325.

Bieri, M., Bianchi, G. & V. Delucchi. 1983. The occurrence of earthworms in different forest soils in Switzerland. *In:* Lebrun, Ph., André, H. M., de Medts, A., Grégoire-Wibo, C. & G. Wauthy (eds.), New trends in soil biology, Proc. 8th Int. Coll. Soil Zoology. *Dieu-Brichart, Louvain-La-Neuve*, 709 pp.

Bouché, M.B. 1977. Stratégies lombriciennes. *In:* Lohm. U. & T. Persson (eds.), Soil organisms as components of ecosystems. *Biol. Bull. (Stockholm)* 25: 122-132.

Cuendet, G. 1985. Perte des poids des lombriciens durant leur conservation dans une solution de formaldehyde et équivalents énergétiques. *Revue suisse Zool.* 92 (4): 795-801.

Darwin, C. 1881. The formation of vegetable mould through the action of worms with observation on their habits. *Murray, London:* 298 pp.

Edwards, C. A. & Lofty, J. R. 1977. Biology of Earthworms. Second edition. *Chapman and Hall, London*: 283 pp.

Kretzschmar, A. 1989. Galeries de lombriciens en réseaux: structures fonctionnelles et signatures comportementales. *Thèse. Université de Paris-Sud, centre d'Orsay.*

Lee, K. E. 1985. Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. *Academic Press, Sydney:* 411 pp.

Muller, P. E. 1878: Studier over skovjord. I. Om bögemuld od Bögemor paa sand og ler. *Tidsskr. Skovbrug (Copenhagen)* 3: 1-124.

Petersen, H. & M. Luxton. 1982. A comparative analysis of soil fauna and their role in decomposition processes. *Oikos* 39 (3): 288-388.

Raw, F. 1959. Estimating earthworm populations by using formalin. *Nature (London)* 184: 1661-1662.

Swift, M. J., Heal, O. W. & J. M. Anderson. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. *Studies in ecology 5. Blackwell Sci. Publ. Oxford.* 372 pp.

Thielemann, U. 1986. Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode. *Pedobiologia* 29: 296-302.

Zicsi, A. 1983. Earthworm ecology in deciduous forests in central and southeast europe. *In:* J.E. Satchell (ed.), Earthworm ecology. *Chapman and Hall. London.* 495 pp.

— 1987. Die Zersetzung der Nadelstreu in Waldböden Ungarns. *In:* B. R. Striganova (ed.), Soil fauna and soil fertility. *Proc. 9th Int. Coll. Soil Zoology, Moscow Nauka, Moscow.*